

01.11.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 23 DEC 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   2 月   3 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 2 7 2 0 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 4 - 0 2 7 2 0 4 ]

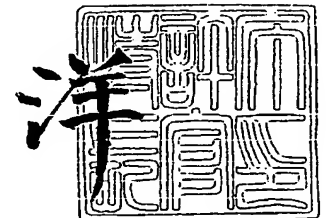
出   願   人            松 下 電 器 産 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 2 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2036460005  
【提出日】 平成16年 2月 3日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H05B 33/10  
H05B 33/00

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 西山 誠司

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 上野 巖

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 加藤 純一

【特許出願人】  
【識別番号】 000005821  
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】  
【識別番号】 110000040  
【氏名又は名称】 特許業務法人 池内・佐藤アンドパートナーズ  
【代表者】 池内 寛幸  
【電話番号】 06-6135-6051

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 139757  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0108331

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

異なる誘電率を有する少なくとも 2 種の絶縁体と、少なくとも 2 つの電極及び蛍光体を  
含む発光素子であって、

前記電極は前記異なる絶縁体の境界近傍に形成され、前記少なくとも 2 つの電極に近接  
して蛍光体が設置されている発光素子。

**【請求項 2】**

前記少なくとも 2 つの電極が、異なる誘電率を有する絶縁体の界面に形成されている請  
求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 3】**

前記絶縁体の 1 つが蛍光体である請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 4】**

前記絶縁体の 1 つが気体である請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 5】**

前記絶縁体の 1 つが多孔質発光体である請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 6】**

前記絶縁体の 1 つが強誘電体である請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 7】**

前記絶縁体の一つが誘電体であって、比誘電率が 100 以上であることを特徴とする請求  
項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 8】**

前記蛍光体が多孔質発光体である請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 9】**

前記多孔質発光体が大気、不活性ガスから選ばれた少なくとも 1 つ又は減圧された前記  
気体から選ばれた少なくとも 1 つを含んでなる請求項 5 又は 7 に記載の発光素子。

**【請求項 10】**

前記多孔質発光体が発光体の粒子又は絶縁層で被覆された発光体の粒子からなる請求項  
5 又は 8 に記載の発光素子。

**【請求項 11】**

前記強誘電体又は誘電体が強誘電体材料又は誘電体材料を含む焼結体からなる請求項 6  
又は 7 に記載の発光素子。

**【請求項 12】**

前記強誘電体又は誘電体が強誘電体材料又は誘電体材料を含む粒子と結合剤からなる請  
求項 6 又は 7 に記載の発光素子。

**【請求項 13】**

前記強誘電体又は誘電体が強誘電体材料又は誘電体材料を含む薄膜で形成されている請  
求項 6 又は 7 に記載の発光素子。

**【請求項 14】**

前記多孔質発光体の密度が、理論密度の 50～90% の範囲にある請求項 10 に記載の  
発光素子。

**【請求項 15】**

前記多孔質発光体が発光体の粒子と絶縁性繊維からなる請求項 5 又は 8 に記載の発光素  
子。

**【請求項 16】**

前記多孔質発光体が発光体の粒子と前記発光体粒子の表面の絶縁層と絶縁性繊維からな  
る請求項 5 又は 8 に記載の発光素子。

**【請求項 17】**

前記発光素子を大気、不活性ガス又は減圧された前記気体から選ばれた少なくとも 1 つ  
の気体からなる雰囲気中で駆動させる請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 18】**

少なくとも2つの電極に直流又は交流電界を印加して沿面放電を発生させて蛍光体又は多孔質発光体を発光させる請求項1、5又は8記載の発光素子。

【請求項19】

異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体と、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、

前記少なくとも2つの電極が強誘電体と大気との境界に設置され、前記少なくとも2つの電極の近傍に蛍光体又は多孔質発光体が配備されてなる発光素子。

【請求項20】

異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体と、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、

前記少なくとも2つの電極が強誘電体と蛍光体又は多孔質発光体の境界に配備されてなる発光素子。

【請求項21】

異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、

前記少なくとも2つの電極が蛍光体又は多孔質発光体に配備されてなる発光素子。

【請求項22】

前記強誘電体が背後電極を有する請求項19又は20に記載の発光素子。

【請求項23】

前記蛍光体又は多孔質発光体に更に一对の電極を形成してなる請求項19又は20に記載の発光素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】発光素子

【技術分野】

【0001】

本発明は発光素子に関するものである。特に構成が簡単で製造が容易であり、かつ低消費電力である大画面ディスプレイの単位画素を構成する発光素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、大型のフラットディスプレイとして液晶ディスプレイやプラズマディスプレイが広く使用されるようになってきているが、さらに高画質、高効率であるディスプレイを追求する開発が進められている。このようなディスプレイの候補として、エレクトロルミネッセンスディスプレイ（ELD）や電界放出ディスプレイ（FED）がある。非特許文献1にはELDについて、概ね次のように記載されている。前者は発光層である蛍光体に絶縁層を介して電界を加える構造を基本とするものであり、分散型と薄膜型が知られている。分散型は不純物のCuなどを添加したZnSの粒子を有機物バインダー中に分散させ、この上に絶縁層を形成し、上下の電極で挟持する構造を有する。不純物は蛍光体粒子中にpn接合を形成し、電界が印加されると接合面に発生する高電界により放出された電子が加速されたのち、正孔と再結合して発光する。後者は発光層であるMnドープZnSなどの蛍光体薄膜が絶縁層を介して電極を配置する構造を有している。絶縁層が存在することにより発光層には高電界を印加することが可能となり、電界で加速された放出電子が発光中心を励起し発光する。一方、FEDは真空容器中に電子放出素子とこれに対向させた蛍光体よりなる構造を有し、電子放出素子より真空中に放出された電子を加速して蛍光体層に照射し発光させるものである。

【0003】

いずれのデバイスも電子放出が発光のきっかけとなるため、低電圧、高効率で電子を放出する技術が重要である。このような技術として強誘電体の分極反転による電子放出が着目されている。例えば、下記非特許文献2には、図13で示すように、一方の面に設置された平面電極32と他方の面に設置された格子状電極33を有するPZTセラミック31を真空容器36中でグリッド電極35を介して白金電極34に対向させ、電極間にパルス電圧を印加することにより、電子が放出されることを提案している。37は排気口である。同提案によれば、容器内の圧力は $1.33 \text{ Pa}$  ( $10^{-2} \text{ Torr}$ )であり、大気圧では放電しないと記載されている。

【0004】

強誘電体の分極反転により放出される電子を真空容器中で加速し、蛍光体層を発光させること、あるいはこの発光を用いたディスプレイは、下記特許文献1や下記特許文献2にも記載されているが、基本的な構成は非特許文献2の白金電極に代えて、蛍光体層を有する電極とする構成により、蛍光体層を発光させるものである。

【0005】

一方、強誘電体の分極反転による放出電子を非真空中で用いた発光素子は例えば、下記特許文献3に電気発光面光源素子として開示されている。この素子は、図14に示すように、基板45上に下部電極42、強誘電体薄膜41、上部電極43、キャリア増倍層48、発光層44、透明電極46の順で形成されており、上部電極は開口部47を有している。下部電極と上部電極間の印加電圧パルスを反転させることにより電子が上部電極開口部よりキャリア増倍層に放出され、さらに透明電極に印加された正の電圧により加速され、電子を増倍しつつ発光層に達して発光する。キャリア増倍層は誘電率が比較的低く、かつ発光層で放出される発光波長を吸収しないバンドギャップを有する半導体で構成されることが記載されている。この素子は、一種のELDと考えることができる。また、特許文献4には、スパッタにより形成された蛍光体からなる発光層を表裏の絶縁層で挟持してパルス電界を印加する構成において、一方の絶縁体が強誘電体薄膜からなる構成が開示されている。

【特許文献1】特開平07-64490号公報

【特許文献2】米国特許第5453661号明細書

【特許文献3】特開平06-283269号公報

【特許文献4】特開平08-083686号公報

【非特許文献1】松本正一編著、「電子ディスプレイ」、オーム社、平成7年7月7日、p. 113-125

【非特許文献2】Jun-ichi Asano 他, 'Field-Exited Electron Emission from Ferroelectric Ceramic in Vacuum' Japanese Journal of Applied Physics Vol.31 Part 1 p.3098-3101, Sep/1992

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記従来技術において、真空状態を必要とするものは構造が複雑でかつ大画面化が極めて困難であるといった問題がある。例えば、電界放出ディスプレイ(FED)は高い発光効率を期待できるものの、電子線を放出するための真空度の高い空間を維持する真空容器が必要である。このため、ディスプレイの構造が複雑となり、大画面構造の実現は困難であると考えられている。FEDについては未だに製品化されているものは存在しない。

【0007】

また、真空容器を必要としないものにプラズマディスプレイがある。プラズマディスプレイは放電エネルギーを一旦紫外光エネルギーに変換し、この紫外光が蛍光体を励起することにより発光する。蛍光体を励起する過程において、この紫外光は蛍光体以外の部材による吸収が多く、このため、発光効率を高くすることが困難であり、大画面ディスプレイとしたときの消費電力が大きいという問題がある。

【0008】

また、同じく真空容器を必要としないディスプレイにはELがあるが、無機ELは発光効率やその色再現性などに問題があり、有機ELは、液晶ディスプレイなどの製造に用いる薄膜形成プロセスを用いるため、設備が大型になるという問題がある。さらに大画面化が困難であり、未だ製品化されたものは知られていない。

【0009】

本発明は、前記のような薄膜プロセスや真空容器構造及びキャリア増倍層を必要としない構造で、かつ効率よく合理的に製造できる発光素子を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の発光素子は、異なる誘電率を有する少なくとも2種の絶縁体と、少なくとも2つの電極及び蛍光体を含む発光素子であって、前記電極は前記異なる絶縁体の境界近傍に形成され、前記少なくとも2つの電極に近接して蛍光体が設置されている。

【0011】

本発明の別の発光素子は、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体と、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、前記少なくとも2つの電極が強誘電体と大気との境界に設置され、前記少なくとも2つの電極の近傍に蛍光体又は多孔質発光体が配備されている。

【0012】

本発明のさらに別の発光素子は、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体と、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、前記少なくとも2つの電極が強誘電体と蛍光体又は多孔質発光体の境界に配備されている。

【0013】

本発明のさらに別の発光素子は、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、前記少なくとも2つの電極が蛍光体又は多孔質発光体に配備されている。

【発明の効果】

## 【0014】

本発明の発光素子では沿面放電を利用した発光であるために、薄膜形成プロセスや真空容器構造及びキャリア増倍層を必要としない構造であるため、製造が容易であるという特徴をもつ発光素子を提供できる。また、発光効率が良好であり、大画面ディスプレイを作製した際の消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

## 【0015】

本発明の発光素子は異なる誘電率を有する少なくとも2種の電氣的絶縁体と、少なくとも2つの電極及び蛍光体層からなる発光素子であって、前記電極は前記異なる電氣的絶縁体の境界近傍に形成され、2つの電極に近接して蛍光体層が設置されて構成されている。具体的には (i) 2つの電極が電氣的絶縁体である誘電体と気体（大気）の境界に形成され、2つの電極の近傍に蛍光体層又は多孔質発光体層が配備されてなる発光素子、(ii) 2つの電極が電氣的絶縁体である誘電体層と蛍光体層又は多孔質発光体層の境界に形成されてなる発光素子及び (iii) 2つの電極が蛍光体層又は多孔質発光体層に形成されてなる発光素子である。

## 【0016】

上記のように構成することにより、2つの電極間に交流又は直流電界を印加すると、沿面放電を介して、電子や紫外光が蛍光体層に放出される。放出された電子や紫外光が蛍光体層や多孔質発光体層の発光中心を励起することにより発光する。このため、印加電圧に比して、ほとんど電流が流れないために、高い発光効率の発光素子を実現することができる。

## 【0017】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。本発明は下記の実施形態により限定されるものではない。

## 【0018】

（実施の形態1）

図1を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に2つの電極が絶縁体である強誘電体と気体（大気）の境界に形成され、前記2つの電極に近接して蛍光体が配備されている発光素子について説明する。図1は本実施の形態における発光素子の断面図である。1は発光素子、2は蛍光体、3は絶縁体（強誘電体）、4はA電極、5はB電極、10はガラス板及び11はシール剤である。

## 【0019】

まず、本実施の形態における発光素子の製造方法を説明する。蛍光体2は平均粒径が2～3  $\mu\text{m}$ のBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>（青）、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>（緑）、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>（赤）の3種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独又はそれらを混合したものをを用いることが可能である。

## 【0020】

本実施の形態においては絶縁体3として強誘電体（BaTiO<sub>3</sub>を主成分とする板状の焼結体で直径15mm $\phi$ 、厚さ1mm）を用いて、その上面にAg電極ペーストを30  $\mu\text{m}$ の厚さに焼き付けることにより、A電極4とB電極5を形成した。

## 【0021】

次に、蛍光体2の粒子を50wt%とコロイダルシリカ水溶液を50wt%混合してスラリー化する。このスラリーを透明なガラス板10の片面に塗布し、乾燥機で120～150℃の温度で10～30分間乾燥することにより、厚さが約50  $\mu\text{m}$ の蛍光体2の層を有するガラス板が得られた。

## 【0022】

このガラス板10を上記の一对のA電極4とB電極5を有する絶縁体3である強誘電体の上にコロイダルシリカ、水ガラス又はエポキシ樹脂等のシール剤11を用いて、蛍光体

2が前記一对の電極に対向するように貼付する。その際、図1に示すように蛍光体2が2つの電極に接触しないようにわずかに間隙を設けるようにして積層する。

#### 【0023】

こうすることにより、本実施の形態においては異なる誘電率を有する2つの絶縁体、2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に2つの電極4、5が絶縁体3である強誘電体ともう1つの絶縁体である大気境界に形成され、前記2つの電極に近接して蛍光体2が配備されている発光素子が得られた。

#### 【0024】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、一对の電極であるA電極4とB電極5の間に電界を印加する。図1に示すように、前記一对の電極の間には比較的狭い間隙を設けてあり、この間隙の強誘電体表面（すなわち、絶縁体3である強誘電体ともう1つの絶縁体である空気との界面）で沿面放電が発生し、その結果電子や紫外光が放出される。電界は直流電界でもよいが、交流電界の方が望ましい。沿面放電は電界の印加により継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体2が励起されて発光する。

#### 【0025】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外光の放出が非常に激しくなり、発光輝度が増大する。

#### 【0026】

また、交流電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が増大した。

#### 【0027】

いったん沿面放電が開始されると、紫外光や可視光も発生するので、これらの光線による蛍光体2の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

本実施の形態においては、絶縁体3として強誘電体を用いているため駆動電圧を低減できることに特徴がある。強誘電体の厚さに対して約0.72～1.5 kV/mmの電界を印加して蛍光体2を発光させて、その後約0.5～1.0 kV/mmの交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体2の発光を持続させた。印加する電界が大きいと電子や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

#### 【0028】

また、放電時の電流値は0.1 mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%程度に低下させても発光が確認された。

#### 【0029】

本実施の形態において電圧印加は大気中で行ったが、不活性ガス中や減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0030】

なお、本実施の形態では絶縁体である強誘電体としてBaTiO<sub>3</sub>を用いたが、PZT (PbZrO<sub>3</sub>) や PbTiO<sub>3</sub> などの強誘電体を用いても同様の効果が得られることを確認した。また、強誘電体は焼結体を使用してもよいし、スパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで得られた強誘電体層を利用してもよい。また、マイカについては誘電率が比較的小さいが、非常に薄いものをセラミック基板等に貼付して使用に供することにより、比較的低い電界でも沿面放電による電子雪崩を発生させることが可能になり、本実施の形態における蛍光体の発光には好都合である。

#### 【0031】

本実施の形態においては強誘電体として焼結体を使用した。すなわち、Al金属基板上に、BaTiO<sub>3</sub>粉末40wt%に対してガラス粉末15wt%を混合した粉体にα-テレピネオール40



w t %、エチルセルロース 5 w t %を混練したスラリーを塗布し、乾燥後大気中において 400~600℃で熱処理することにより、強誘電体粒子と結合剤から構成される強誘電体層を用いることも可能である。

#### 【0032】

また、本実施の形態では青色の蛍光体粒子を用いたが、赤又は緑を用いても同様の結果が得られることがわかった。また、青、赤、緑の混合粒子でも同様の結果が得られた。

#### 【0033】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空容器やキャリア増層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光時には印加電圧に比して、流れる電流値が小さく、結果として高い発光効率を得ることができ、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

#### 【0034】

(実施の形態 2)

図 2 を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも 2 つの絶縁体、少なくとも 2 つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に 2 つの電極が絶縁体である強誘電体と気体の境界に形成され、前記 2 つの電極に近接して多孔質発光体からなる蛍光体が設置されている発光素子について説明する。

#### 【0035】

既に実施の形態 1 において蛍光体として、ガラス板上に蛍光体の層を形成させた場合について述べたが、本実施の形態においては多孔質構造を有する蛍光体である多孔質発光体を用いる場合について説明する。

#### 【0036】

図 2 は本実施の形態における発光素子 1 の断面図である。1 は発光素子、2 は蛍光体、3 は絶縁体（強誘電体）、4 は A 電極、5 は B 電極、7 は多孔質発光体、8 はセラミック繊維板、及び 11 はシール剤である。

#### 【0037】

図 2 を参照しながら本実施の形態における発光素子の製造方法を説明する。蛍光体 2 は平均粒径が 2~3  $\mu\text{m}$  の  $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$  (青)、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$  (緑)、 $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$  (赤) の 3 種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独又はそれらを混合したものを用いることが可能である。絶縁体 3 としての強誘電体 ( $\text{BaTiO}_3$  を主成分とする板状の焼結体で直径 15 mm  $\phi$ 、厚さ 1 mm) を使用して、その上面に Ag 電極ペーストを厚さ 30  $\mu\text{m}$  に焼き付けて A 電極 4 と B 電極 5 を形成する。

#### 【0038】

次に、蛍光体 2 の粒子を 50 w t % とコロイダルシリカ水溶液を 50 w t % 混合してスラリー化したものを用意する。

#### 【0039】

無機繊維からなるセラミック繊維板 8 (厚さが約 1 mm、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  系で空隙率が約 45 % のセラミック繊維板) を前記スラリーに浸漬してからそれを 120~150℃の温度で 10~30 分間乾燥することにより、セラミック繊維板 8 に蛍光体 2 の粒子を担持させる。このようにして得られた多孔質発光体 7 からなるセラミック繊維板 8 を上記の A 電極 4 と B 電極 5 を形成した絶縁体 3 である強誘電体に水ガラス又はエポキシ樹脂から選択された 1 つのシール剤 11 を用いて貼付する。その際図 2 に示すように、蛍光体 2 が一對の電極である A 電極 4 と B 電極 5 に接触しないようにわずかに間隙を設けるようにして積層する。こうすることにより、本実施の形態においては異なる誘電率を有する 2 つの絶縁体、2 つの電極及び蛍光体 2 からなる発光素子であって、特に 2 つの電極が絶縁体 3 である強誘電体と気体の境界に形成され、前記 2 つの電極の近傍に多孔質発光体が配備されている発光素子が得られた。

#### 【0040】

次に、この発光素子 1 の発光作用について説明する。発光素子 1 を発光させるために実施の形態 1 と同様に、A 電極 4 と B 電極 5 の間に電界を印加して、両電極間の強誘電体の表面（絶縁体である強誘電体ともう 1 つの絶縁体である大気との界面）で沿面放電を発生させると電子や紫外光が放出する。電界は直流電界でもよいが、交流電界の方が望ましい。沿面放電は電界の印加により継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体が励起されて発光する。

#### 【0041】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十 Hz から数千 Hz 上げることで沿面放電による電子や紫外光の放出が非常に激しくなり、発光輝度が増大する。

#### 【0042】

いったん沿面放電が開始されると、紫外光や可視光も発生するので、これらの光線による蛍光体 2 の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

本実施の形態においては、絶縁体である強誘電体の厚みに対して約  $0.72 \sim 1.5 \text{ kV/mm}$  の電界を印加して多孔質発光体 7 を発光させて、その後約  $0.5 \sim 1.0 \text{ kV/mm}$  の交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体 2 の発光を持続させた。印加する電界は大きいと電子や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

#### 【0043】

また、放電時の電流値は  $0.1 \text{ mA}$  以下であり、発光がはじまると上記のように電圧を印加時の  $50 \sim 80\%$  に低下させても発光が確認された。

本実施の形態においては電圧印加を大気中で行ったが、不活性ガス中や、減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0044】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空容器やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光効率が良好であり、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

#### 【0045】

##### （実施の形態 3）

図 3 を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも 2 つの絶縁体、少なくとも 2 つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に 2 つの電極が絶縁体である強誘電体と気体の境界に形成され、前記 2 つの電極に近接して蛍光体としての多孔質発光体が配備されている発光素子について説明する。

#### 【0046】

既に実施の形態 2 において蛍光体として多孔質発光体を用いたが、本実施の形態においては蛍光体の粒子をあらかじめ絶縁層で被覆したものを用いて多孔質発光体を作製する場合について説明する。なお、蛍光体粒子の表面に絶縁層を設ける理由は、蛍光体を紫外光等の照射による特性の劣化を防止するためである。

#### 【0047】

図 3 は本実施の形態における発光素子 1 の断面図である。1 は発光素子、2 は蛍光体、3 は絶縁体（強誘電体）、4 は A 電極、5 は B 電極、7 は多孔質発光体、8 はセラミック繊維板、9 は絶縁層及び 11 はシール剤である。

#### 【0048】

図 3 を参照しながら本実施の形態における発光素子の製造方法を説明する。蛍光体 2 は平均粒径が  $2 \sim 3 \mu\text{m}$  の  $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ （青）、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ （緑）、 $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$ （赤）の 3 種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独又はそれらを混合したものを用いることが可能である。

#### 【0049】

絶縁体 3 としての強誘電体 ( $\text{BaTiO}_3$  を主成分とする板状の焼結体で直径 15 mm  $\phi$ 、厚さ 1 mm) を準備し、その上面に Ag 電極ペーストを厚さ 30  $\mu\text{m}$  に焼き付けて A 電極 4 と B 電極 5 を形成する。

#### 【0050】

本実施の形態においては前記青色の蛍光体 2 の粒子を使用し、その表面に MgO からなる絶縁性無機物の絶縁層 9 を形成した。具体的には、Mg プレカーサー錯体溶液に蛍光体 2 の粒子を加えて長時間にわたって攪拌し、取り出して乾燥後、大気中において 400 ~ 600  $^{\circ}\text{C}$  で熱処理することにより、MgO の均一なコーティング層、すなわち絶縁層 9 を蛍光体 2 の粒子の表面に形成した。絶縁層 9 を有する蛍光体 2 の粒子を 50 wt % とコロイダルシリカ水溶液を 50 wt % 混合してスラリー化する。

#### 【0051】

次に、無機繊維からなるセラミック繊維板 8 (厚さが約 1 mm、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$  系で空隙率が約 45 % のセラミック繊維板) を前記スラリーに浸漬して 120 ~ 150  $^{\circ}\text{C}$  の温度で 10 ~ 30 分間乾燥することにより、セラミック繊維板 8 に絶縁層 9 で被覆された蛍光体 2 の粒子を担持させる。このようにして得られた多孔質発光体 7 からなるセラミック繊維板 8 を上記の A 電極 4 と B 電極 5 を形成した絶縁体 3 である強誘電体にコロイダルシリカ、水ガラス又はエポキシ樹脂等のシール剤 11 を用いて貼付する。その際、図 3 に示すように蛍光体 2 が 2 つの電極に接触しないようにわずかに間隙を設けるようにして積層する。こうすることにより、本実施の形態においては異なる誘電率を有する 2 つの絶縁体、2 つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に 2 つの電極が絶縁体である強誘電体と気体の境界に形成され、前記 2 つの電極に近接して蛍光体としての多孔質発光体が配備されている発光素子が得られた。

#### 【0052】

次に、この発光素子 1 の発光作用について説明する。発光素子 1 を駆動するために、A 電極 4 と B 電極 5 の間に電界を印加すると、前記一対の電極の間隙に存する強誘電体の表面 (つまり、絶縁体である強誘電体ともう 1 つの絶縁体である空気の界面) で沿面放電が発生し、これにより電子や紫外光が放出される。電界は直流電界でもよいが、交流電界の方が望ましい。その理由は既に実施の形態 1 で記述した通りである。

#### 【0053】

沿面放電は電界の印加により継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体 2 が励起されて発光する。また、可視光の発生も認められる。なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十 Hz から数千 Hz 上げることで沿面放電による電子や紫外光の放出が非常に激しくなり、発光輝度が増大する。

#### 【0054】

いったん沿面放電が開始されると、紫外光や可視光も発生するので、これらの光線による蛍光体 2 の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。  
本実施の形態においては、強誘電体の厚みに対して約 0.72 ~ 1.5 kV/mm の電界を印加して蛍光体 2 を発光させて、その後約 0.5 ~ 1.0 kV/mm の交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体 2 の発光を持続させた。印加する電界は大きいと電子や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。また、放電時の電流値は 0.1 mA 以下であり、発光がはじまると上記のように電圧を印加時の 50 ~ 80 % に低下させても発光を確認した。

#### 【0055】

なお、本実施の形態においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や、減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0056】

なお、発光素子を継続して発光させる際、多孔質発光体に更なる一対の電極 (図示せず) を設けて、これに交流又は直流電界を印加して発光を持続させることも可能である。

## 【0057】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層の形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光効率が良好であり、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

## 【0058】

なお、本実施の形態においては蛍光体2の粒子のスラリーを作製するに当たり、コロイダルシリカ水溶液を使用した。有機溶剤を使用しても同様の結果が得られることを確認した。MgOで表面を被覆した蛍光体粒子50wt%に対して $\alpha$ -テレピネオール45wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを使用し、セラミック繊維板に担持させて大気中で400~600℃、10~60分熱処理することにより、多孔質発光体を作製することができる。この場合、熱処理温度を上げすぎると蛍光体の変質が起こりやすいので温度管理と熱処理雰囲気管理を行う必要がある。

## 【0059】

## (実施の形態4)

図4と図5を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に2つの電極が絶縁体としての強誘電体と蛍光体の境界に形成されている発光素子について説明する。

## 【0060】

図4と図5は本実施の形態における発光素子の断面図である。1は発光素子、2は蛍光体、3は絶縁体(強誘電体)、4はA電極、5はB電極及び9は絶縁層である。

## 【0061】

まず、図4を参照しながら本実施の形態における発光素子の製造方法を説明する。蛍光体2は平均粒径が2~3 $\mu$ mのBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>(青)、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>(緑)、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>(赤)の3種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独又はそれらを混合したものをを用いることが可能である。

## 【0062】

本実施の形態においては絶縁体3として強誘電体(BaTiO<sub>3</sub>を主成分とする板状の焼結体で直径15mm $\phi$ 、厚さ1mm)を準備し、その上面にAg電極ペーストを厚さ30 $\mu$ mに焼き付けることにより、A電極4とB電極5を形成した。

## 【0063】

次に、蛍光体2の粒子を50wt%とコロイダルシリカ水溶液を50wt%混合してスラリー化する。このスラリーを図4に示すように、上記の絶縁体3である強誘電体の表面に塗布し、乾燥機で120~150℃の温度で10~30分間乾燥することにより、厚さが約70 $\mu$ mの蛍光体2の層と強誘電体の間に2つの電極が介在する発光素子1が得られた。

## 【0064】

また、実施の形態3で記述したように、蛍光体2の粒子の表面にMgOからなる絶縁層を被覆したものをを用いて、上記と同様の方法によってスラリーを作製して、これを塗布することによって図5に示すような発光素子が得られた。

## 【0065】

次に、この発光素子の発光作用について説明する。本実施の形態においても絶縁体の1つとして強誘電体を用いている。発光素子1を発光させるために、A電極4とB電極5の間に電界を印加すると、主として強誘電体の表面(強誘電体と蛍光体の界面)で沿面放電が発生し、電子や紫外光が放出される。電界は直流電界でもよいが、交流電界の方が望ましい。

## 【0066】

沿面放電は電界の印加により連鎖的に継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体2が励起されて発光する。

## 【0067】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外光の放出が非常に激しくなり、発光輝度が増大する。

#### 【0068】

沿面放電が開始されると、上述したように紫外光や可視光も発生するので、これらの光線による蛍光体2の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。また、紫外光や可視光の蛍光体2へ及ぼす影響を考慮すると、図5に示すようにMgOのような金属酸化物からなる絶縁層で蛍光体を被覆し、光線が直に蛍光体に照射されることを回避した方が被覆されないまま使用するよりも発光素子の特性の劣化を防止できるので好ましい。

#### 【0069】

本実施の形態においては強誘電体の厚さに対して約0.65~1.3kV/mmの電界を印加して蛍光体2を発光させて、その後約0.5~1.0kV/mmの交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体2の発光を持続させた。印加する電界はこの範囲より大きいと電子注入や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

#### 【0070】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると上記のように電圧を印加時の50~80%に低下させても発光した。

#### 【0071】

本実施の形態においては電圧印加を大気中で行ったが、不活性ガス中や、減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0072】

なお、本実施の形態では絶縁体である強誘電体としてBaTiO<sub>3</sub>を用いたが、PZT (PbZrO<sub>3</sub>) やPbTiO<sub>3</sub>などの強誘電体を用いても同様の効果が得られることを確認した。また、強誘電体には焼結体を使用してもよいし、スパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで得られた強誘電体層を利用してもよい。また、マイカについては誘電率が上記の誘電体と比較すると小さいが、非常に薄いものをセラミック基板等に貼付して使用に供することができるため比較的低い電界でも沿面放電による電子雪崩が発生させることが可能になり、本実施の形態における発光素子にとって好都合である。

#### 【0073】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、また、真空容器やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光効率が良好であり、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

#### 【0074】

##### (実施の形態5)

図6と図7を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子で、特に2つの電極が絶縁体としての強誘電体と蛍光体である多孔質蛍光体の境界に形成されてなる発光素子について説明する。

#### 【0075】

図6と図7は本実施の形態における発光素子の断面図である。1は発光素子、2は蛍光体、3は絶縁体(強誘電体)、4はA電極、5はB電極、7は多孔質蛍光体、8はセラミック繊維板及び9は絶縁層である。

#### 【0076】

図6と図7を参照しながら本実施の形態における発光素子の製造方法を説明する。蛍光体2は平均粒径が2~3 $\mu$ mのBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>(青)、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>(緑)、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>(赤)の3種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独又はそれらを混合したものをを用いることが可能である。

#### 【0077】

絶縁体 3 としての強誘電体 ( $\text{BaTiO}_3$  を主成分とする板状の焼結体で直径 15 mm  $\phi$ 、厚さ 1 mm) を準備し、その上面に Ag 電極ペーストを厚さ 30  $\mu\text{m}$  に焼き付けて A 電極 4 と B 電極 5 を形成する。

【0078】

次に、蛍光体 2 の粒子を 50 wt % とコロイダルシリカ水溶液を 50 wt % 混合してスラリー化したものを用意する。

【0079】

無機繊維からなるセラミック繊維板 (厚さが約 1 mm、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$  系で空隙率が約 45 % のセラミック繊維板) 8 を前記スラリーに浸漬してセラミック繊維板 8 に蛍光体 2 の粒子を担持させる。このようにして得られた多孔質発光体 7 からなるセラミック繊維板 8 を上記の A 電極 4 と B 電極 5 を形成した絶縁体 3 である強誘電体に積層する。しかるのちに、120~150℃の温度で 10~30 分間乾燥することにより、図 6 に示すように異なる誘電率を有する少なくとも 2 つの絶縁体、少なくとも 2 つの電極及び蛍光体からなる発光素子であって、特に 2 つの電極が絶縁体としての強誘電体と多孔質発光体の境界に配備されている本実施の形態における発光素子が得られた。

【0080】

また、既述した実施の形態 3 と同様に、蛍光体 2 の粒子を  $\text{MgO}$  の絶縁層 9 で被覆したものを用いてスラリーを作製し、これを使用すれば図 7 に示すような発光素子が得られる。

【0081】

次に、この発光素子 1 の発光作用について説明する。発光素子 1 を発光させるために、A 電極 4 と B 電極 5 の間に電界を印加することにより、主として絶縁体 3 である強誘電体の表面 (絶縁体である強誘電体と多孔質発光体の界面) において沿面放電が発生するが、多孔質発光体の内部においても生じている。この結果、電子や紫外光が放出され、蛍光体が励起されることにより発光する。

【0082】

電界は直流電界でもよいが、交流電界の方が望ましい。交流の場合、沿面放電が直流電界の場合よりも伸長し易くなるという性質があり、沿面放電の発生には交流電界による方が好都合である。

【0083】

沿面放電は電界の印加により継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体 2 が励起されて発光する。また、可視光も発生する。

【0084】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十 Hz から数千 Hz 上げることで沿面放電による電子や紫外光の放出が非常に激しくなり、発光輝度が増大する。

【0085】

いったん沿面放電が開始されると、紫外光や可視光も発生するので、これらの光線の照射による蛍光体 2 の劣化を抑制する必要がある。発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。また、紫外光や可視光の蛍光体 2 へ及ぼす影響を考慮すると、図 7 に示すように  $\text{MgO}$  のような金属酸化物からなる絶縁層で蛍光体を被覆し、光線が直に照射することを回避する方が蛍光体の粒子をそのまま使用するよりも特性の劣化を防止できるので望ましい。

【0086】

本実施の形態においては、強誘電体の厚みに対して約 0.65~1.3 kV/mm の電界を印加して蛍光体 2 を発光させて、その後約 0.5~1.0 kV/mm の交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて多孔質発光体 7 の発光を持続させた。印加する電界はこの範囲より大きいと電子注入や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

【0087】



また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると上記のように電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が確認された。

【0088】

本実施の形態においては電圧印加を大気中で行ったが、不活性ガス中や、減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

【0089】

なお、発光素子を継続して発光させる際、多孔質発光体の表面に更なる一对の電極（図示せず）を設けて、これに交流又は直流電界を印加して発光を持続させることも可能である。

【0090】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空容器やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光効率が良好もあり、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

【0091】

（実施の形態6）

図8を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子で、特に2つの電極が絶縁体としての強誘電体と蛍光体の境界に形成され、かつ強誘電体の裏面に背後電極が形成されている発光素子について説明する。

【0092】

図8は本実施の形態における発光素子の断面図である。1は発光素子、2は蛍光体、3は絶縁体（強誘電体）、4はA電極、5はB電極、7は多孔質発光体、8はセラミック繊維板、9は絶縁層、及び16は背後電極である。

【0093】

実施の形態3と同様に、蛍光体2の粒子をMgOの絶縁層9で被覆したものをを用いてスラリーを作製し、これを用いて実施の形態5と同様の方法で発光素子を作製し、得られた発光素子の絶縁体3の裏面にAg電極ペーストを厚さ30μmになるように焼き付けて背後電極16を形成すると図8に示すような発光素子1が得られる。

【0094】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、A電極4とB電極5の間に電界を印加することにより、主として強誘電体の表面（強誘電体と多孔質発光体の界面）で沿面放電を発生させて電子や紫外光を放出させる。

【0095】

本実施の形態においては図8に示すように、強誘電体の裏面に背後電極16を形成すると、発光素子の駆動電圧を低減させることに寄与するといった効果がある。

【0096】

電界は直流電界でもよいが、交流電界の方が望ましい。交流電界では正負の電圧が交互に繰り返されるので、これに伴って正負極性の沿面放電が発生する。このように、交流電界においては直前の半周期に発生した放電によって表面に残留している電荷の中を沿面放電が進むことになるので、沿面放電が直流電界の場合に比較して進展し易くなるという性質があり、放電の発生には交流電界による方が効果的である。

【0097】

沿面放電は電界の印加により継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体2が励起されて発光する。

【0098】

本実施の形態においては、強誘電体の厚みに対して約0.55～1.1kV/mmの電界を印加して蛍光体2を発光させて、その後約0.40～0.85kV/mmの交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体2の発光を持続させた。印加する電界はこの範囲より大きいと電子や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発

生は不十分になる。

#### 【0099】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光が開始されると上記のように電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が確認された。

#### 【0100】

本実施の形態においては駆動を大気中に行ったが、不活性ガス中や、減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0101】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空容器やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光効率も良好であり、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

#### 【0102】

(実施の形態7)

図9を参照しながら、異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体、少なくとも2つの電極及び蛍光体からなる発光素子で、特に2つの電極が蛍光体を含む多孔質発光体に形成されている発光素子について説明する。

#### 【0103】

図9は本実施の形態における発光素子の断面図である。1は発光素子、2は蛍光体、4はA電極、5はB電極、及び7は多孔質発光体である。

#### 【0104】

本実施の形態における発光素子1の製造方法について説明する。まず、蛍光体2の粒子100gに対して、酢酸ブチル35g、BBP0.5g、ブチルセロソルブ16g、エタノール8g、ブチラル樹脂12gを混合してスラリーを作製した。

#### 【0105】

次に、シート成形機を用いてシート厚さが約25 $\mu$ mになるように成形し、積層機でシートを2～10層積層し、積層後の厚みが約50～250 $\mu$ mになるように調整した。

#### 【0106】

これを空气中又は窒素雰囲気中450～1200℃で0.25～10時間熱処理を行い、多孔質発光体7を作製した。この時の多孔質発光体の厚さは45～250 $\mu$ mであった。

#### 【0107】

しかるのちに、Ag電極ペーストを厚さ30 $\mu$ mになるように焼き付けて、図9に示すように、A電極4とB電極5をそれぞれ形成すると前記一对の電極が蛍光体2を含む多孔質発光体7に形成されてなる発光素子1が得られる。

#### 【0108】

なお、焼結に際しては蛍光体2の焼結密度（例えば理論密度の90%以上）を向上させると、沿面放電が蛍光体の表面でしか発生せず、発光効率が低いものとなる。従って、蛍光体は焼結温度、時間、雰囲気等を注意深く選定して作製し、理論密度の90%未満の多孔質構造を有するものが望ましい。しかし、蛍光体の気孔があまりにも大きくなり、その結果気孔率が過大になると発光効率の低下や沿面放電が発生しにくくなり、50%以下では発光が観察されなかった。従って、焼結密度は理論密度の50～90%の範囲が適当である。

#### 【0109】

なお、上記のように焼結させた蛍光体による多孔質体を用いる代わりに、実施の形態5で記述したようにセラミック繊維板に蛍光体の粒子、又は表面に絶縁層を有する蛍光体の粒子を担持させて多孔質発光体としたものを使用することも可能である。

#### 【0110】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、A電極4とB電極5の間に電界を印加することにより、絶縁体である蛍光体2の粒子の表面



(厳密には絶縁体である蛍光体ともう1つの絶縁体である多孔質体に含まれている気体との界面)に沿うようにして沿面放電を発生させることにより電子や紫外光を放出させる。

#### 【0111】

電界は直流電界でもよいが、交流電界を用いる沿面放電の方が直流電界の場合に比較して伸長し易くなるという性質があり、好都合である。この沿面放電は電界の印加により継続して生じ、その際発生した電子や紫外光が蛍光体の発光中心に衝突し、蛍光体2が励起されて発光する。

#### 【0112】

なお、印加する交流電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで沿面放電による電子や紫外光の放出が非常に激しくなり、発光輝度が増大する。

#### 【0113】

いったん沿面放電が開始されると、紫外光や可視光も発生するので、これらの光線による蛍光体2の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0114】

本実施の形態においては、約0.60~1.2kV/mmの電界を印加して蛍光体2を発光させて、その後約0.45~0.90kV/mmの交流電界を印加することにより、沿面放電を継続して行わせて蛍光体2の発光を持続させた。印加する電界はこの範囲より大きいと電子注入や紫外光の発生を促進するが、小さいとそれらの発生は不十分になる。

#### 【0115】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると上記のように電圧を印加時の50~80%に低下させても発光が確認された。

#### 【0116】

本実施の形態においては電圧印加を大気中で行ったが、不活性ガス中や、減圧された気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

#### 【0117】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空容器やキャリア増倍層を必要としないので構造が簡単であり、製造も容易である。また、発光効率も良好であり、大画面ディスプレイにしたときの消費電力が小さい発光素子を提供することができる。

#### 【0118】

なお、本実施の形態においては上述したように、MgOからなる絶縁層9で蛍光体2の粒子の表面を被覆したものをを用いて多孔質発光体7を作製することも可能である。この場合に得られた発光素子1の断面を図10に示す。なお、図10において、1は発光素子、2は蛍光体、9は絶縁層、4はA電極、5はB電極及び7は多孔質発光体である。

#### 【0119】

蛍光体の表面をMgOからなる絶縁層で被覆すると、MgOの体積抵抗率は $10^{10} \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上と非常に高く、沿面放電を効率よく発生させることができるようになる。

#### 【0120】

MgOと同様の絶縁層としては、上記のMgO以外に、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、 $\text{CaTiO}_3$ 、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ から選択された少なくとも1つを用いることができる。これらの酸化物の標準生成自由エネルギー $\Delta G_f^0$ は非常に小さく(例えば、室温で $-100 \text{ kCal/mol}$ 以下)、安定な物質であり、誘電率が100以上である。また、これらの絶縁層は抵抗値が高く放電が発生しやすく、還元され難い物質であるため、放電に際して蛍光体の紫外光劣化を抑制する保護膜としても優れていて、その結果蛍光体の耐久性も高くなり好都合である。

#### 【0121】

また、絶縁層の形成にゾル・ゲル法以外に化学吸着法や、CVD法、スパッタ法、蒸着法、レーザ法、剪断応力法などを用いての物理吸着法を用いて形成することも可能である。絶縁層が均質、均一であって剥離しないことが望ましく、絶縁層を形成するに際して、蛍光体の粒子を酢酸、シュウ酸、クエン酸などの弱酸溶液に浸漬し、表面に付着している不純物を洗浄することが肝要である。

#### 【0122】

さらに、絶縁層の形成前に蛍光体の粒子を窒素雰囲気中で200～500℃、1～5時間程度前処理することが望ましい。その理由は、未処理の蛍光体の粒子は吸着水や結晶水を多量に含んでおり、このような状態で絶縁層を形成すると輝度低下や発光スペクトルのシフトなどの寿命特性に影響を及ぼすからである。蛍光体の粒子を弱酸性溶液で洗浄する場合は洗浄後に上記の前処理を行う。

#### 【0123】

また、多孔質発光体を形成する熱処理工程で留意すべきことは、熱処理温度と雰囲気である。本実施の形態では、窒素雰囲気中において比較的低温(450～1200℃)で熱処理を施したために、蛍光体にドーパされた希土類原子の価数に変化がなかった。しかし、この範囲より高温で処理するときには希土類原子の価数の変化や絶縁層と蛍光体の固溶が発生する可能性があり注意が必要である。

#### 【0124】

また、熱処理温度の上昇と共に蛍光体の焼結密度が向上することにも注意が必要であり、最適の熱処理温度として450～1200℃の範囲が好ましい。熱処理雰囲気については、蛍光体の粒子にドーパされている希土類原子の価数を考慮すれば窒素雰囲気が好ましい。

#### 【0125】

絶縁層の厚さは本実施の形態では0.1～2.0μm程度としたが、蛍光体粒子の平均粒径や沿面放電の効率性を考慮して決定される。蛍光体の平均粒径がサブミクロンオーダーになると、薄く被覆する方がよいと考えられる。絶縁層の厚さが大きくなると発光スペクトルのシフト、輝度低下、紫外光の遮断が発生するため好ましくない。逆に絶縁層が薄くなると、沿面放電がやや発生し難くなることが推定される。従って、蛍光体粒子の平均粒径と絶縁層の厚さの関係は前者1に対して後者が1/10～1/500の範囲にあることが望ましい。

#### 【0126】

本実施の形態における発光素子1は、構造的に無機EL(ELD)に近い構造であるが、構成やメカニズムが全く異なるものである。まず、構成に関しては既に背景技術で記載したように無機ELに使用される蛍光体は $ZnS:Mn^{2+}$ 、 $GaP:N$ などに代表されるように半導体からなる発光体であるが、本実施の形態における蛍光体粒子は絶縁体又は半導体のいずれでもよい。すなわち、極端に抵抗値の低い半導体の蛍光体粒子を用いる際においても、既述したように蛍光体粒子が絶縁性無機物である絶縁層で均一に被覆すれば、沿面放電で短絡することなく発光させることができる。また、発光体に関して無機ELではサブミクロン～数μmの厚さであるのに対して、本実施の形態においては数μm～数百μmの多孔質体であることに特徴がある。

#### 【0127】

多孔質の形態についてはSEM(走査型電子顕微鏡)で観察した結果から蛍光体粒子が点接触した程度のパッキングである。

#### 【0128】

また、蛍光体粒子として現行のプラズマディスプレイ(PDP)で使用されている紫外光発光の粉体を用いたが、陰極線管(CRT)で使用されている $ZnS:Ag$ (青)や $ZnS:Cu, Au, Al$ (緑)、 $Y_2O_3:Eu$ (赤)でも同様の発光を確認した。

#### 【0129】

なお、多孔質発光体7を作製するに当たり、蛍光体2の粒子に絶縁性繊維18を混合させて焼結することも可能である。具体的な製造方法は蛍光体2の粒子と $SiO_2-Al_2O$

$3\text{-CaO}$ からなる絶縁性繊維18を2対1の重量比で混合し、この混合物100gに対して、酢酸ブチル35g、BBP0.5g、ブチルセロソルブ16g、エタノール8g、ブチラール樹脂12gを混合してスラリーを作製する。次に、シート成形機を用いてシート厚みを約 $25\mu\text{m}$ になるように成形した。その後、積層機でシートを2～10層積層し積層後の厚みが約 $50\sim 250\mu\text{m}$ になるように調整し、空气中又は窒素雰囲気中 $450\sim 1200^\circ\text{C}$ で0.25～10時間熱処理を行って多孔質発光体7を作製し、しかるのちにAg電極ペーストを $30\mu\text{m}$ の厚さに焼き付けてA電極4とB電極5をそれぞれ形成すると図11に示すような一對の電極と絶縁性繊維18を含む多孔質発光体7からなる発光素子1が得られた。その際、多孔質発光体7の厚さは $45\sim 250\mu\text{m}$ であった。

#### 【0130】

絶縁性繊維として $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ 系の繊維を選定した理由は、熱的、化学的に安定で、大きな絶縁抵抗性を有すること、多孔質発光体の構造において50～90%の大きな気孔率が容易に得られること、それぞれの繊維の表面で放電が生じ易いことから、結果的に多孔質発光体全体で沿面放電を発生させることが可能になるからである。なお、上記の繊維以外に $\text{SiC}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{BN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 系のものを含有する繊維もほぼ同様の結果が得られる。

#### 【0131】

また、本実施の形態においては $\text{MgO}$ からなる絶縁層9で被覆された蛍光体2の粒子と絶縁性繊維18を使用して、上述と同様の方法で多孔質発光体7を作製することも可能であり、こうして得られた発光素子1の断面を図12に示す。

#### 【0132】

なお、図11と図12において、1は発光素子、2は蛍光体、4はA電極、5はB電極、7は多孔質発光体、9は絶縁層及び18は絶縁性繊維である。

#### 【0133】

なお、本実施の形態1から7において、絶縁体として強誘電体である $\text{BaTiO}_3$ を用いているが、その他にも比誘電率が100以上（室温下、1kHz、バイアス電圧1V印加時）の材料、例えば、 $\text{SrTiO}_3$ などを含む焼結体や微粒子もしくは薄膜を用いても同様に実施可能である。この際、耐熱性を有する材料を用いることが望ましい。また、体積抵抗率が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の絶縁性を有する材料を用いることが望ましい。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0134】

本発明にかかる発光素子は沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層の形成に薄膜形成プロセス使用することがなく、また真空容器やキャリア増倍層も必要としないので製造が容易であるという特徴を有するものであり、このことから本発明の発光素子は画面ディスプレイの単位画素を構成する発光体としても有用である。また、照明、光源などに適用される発光体としても有用である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0135】

- 【図1】本発明の実施の形態1における発光素子の断面図。
- 【図2】本発明の実施の形態2における発光素子の断面図。
- 【図3】本発明の実施の形態3における発光素子の断面図。
- 【図4】本発明の実施の形態4における発光素子の断面図。
- 【図5】本発明の実施の形態4における発光素子の断面図。
- 【図6】本発明の実施の形態5における発光素子の断面図。
- 【図7】本発明の実施の形態5における発光素子の断面図。
- 【図8】本発明の実施の形態6における発光素子の断面図。
- 【図9】本発明の実施の形態7における発光素子の断面図。
- 【図10】本発明の実施の形態7における発光素子の断面図。
- 【図11】本発明の実施の形態7における発光素子の断面図。
- 【図12】本発明の実施の形態7における発光素子の断面図。

【図 1 3】 非特許文献 2 における従来例の発光素子の断面図。

【図 1 4】 特許文献 3 における従来例の発光素子の断面図。

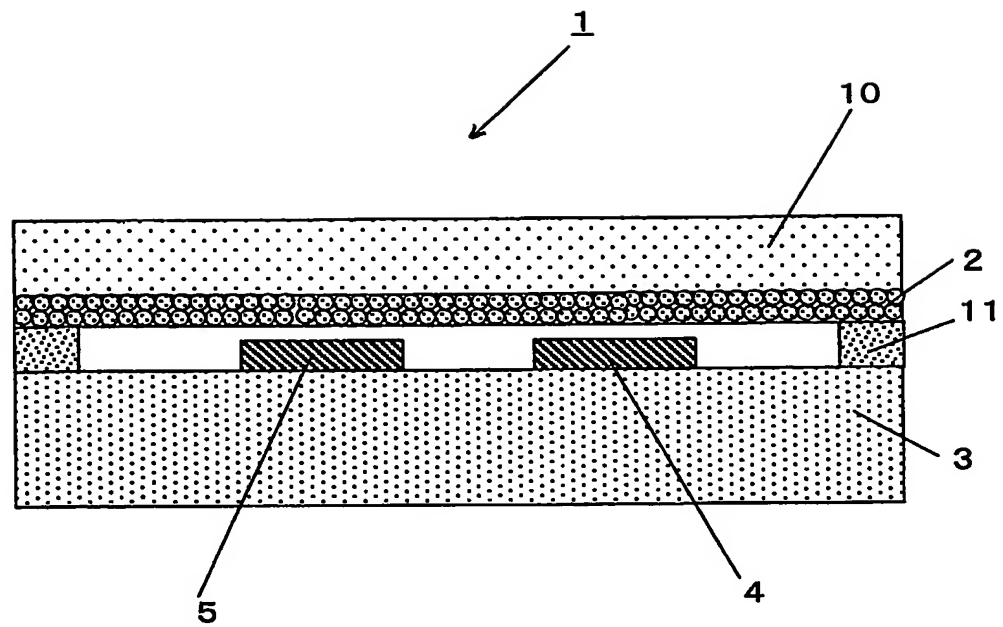
【符号の説明】

【 0 1 3 6 】

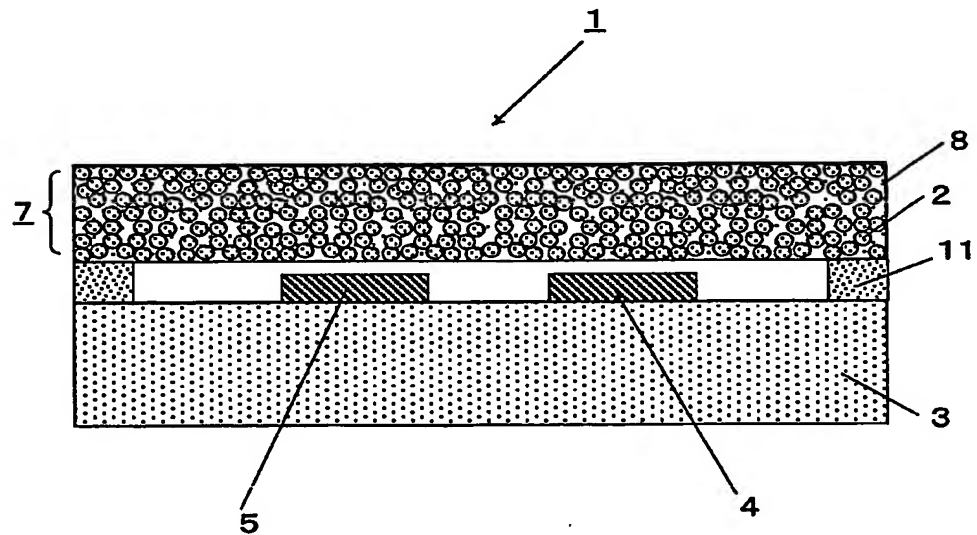
- 1 発光素子
- 2 蛍光体
- 3 絶縁体（強誘電体）
- 4 A 電極
- 5 B 電極
- 7 多孔質発光体
- 8 セラミック繊維板
- 9 絶縁層
- 1 0 ガラス板
- 1 1 シール剤
- 1 6 背後電極
- 1 8 絶縁性繊維

【書類名】 図面

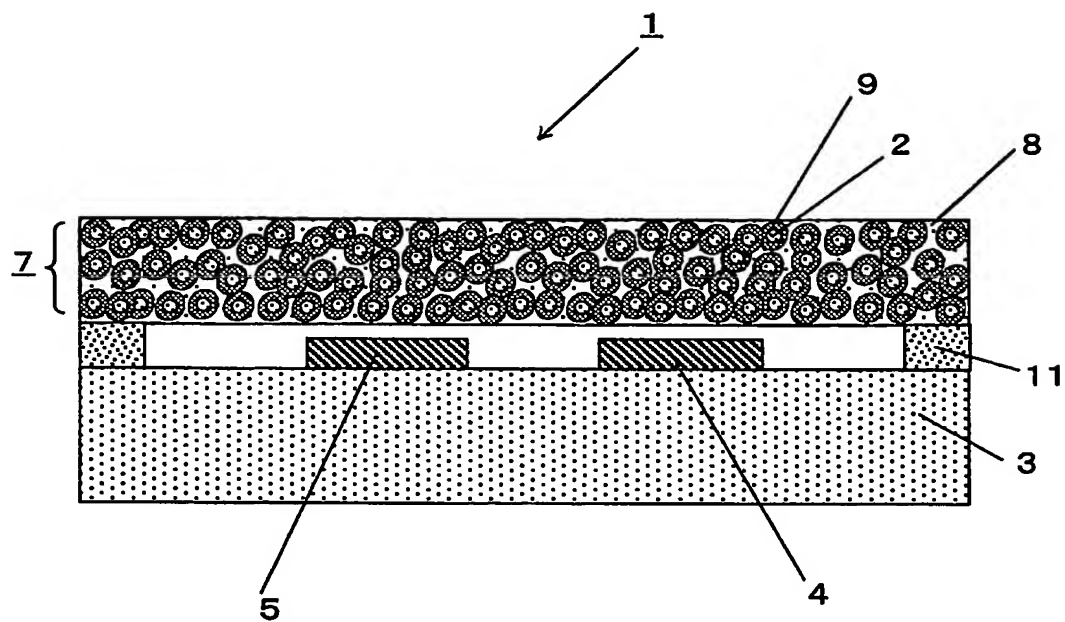
【図 1】



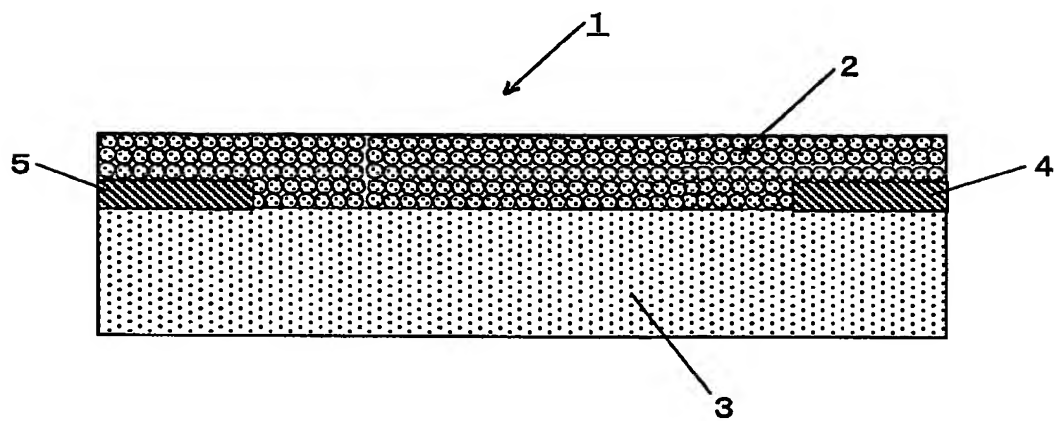
【図 2】



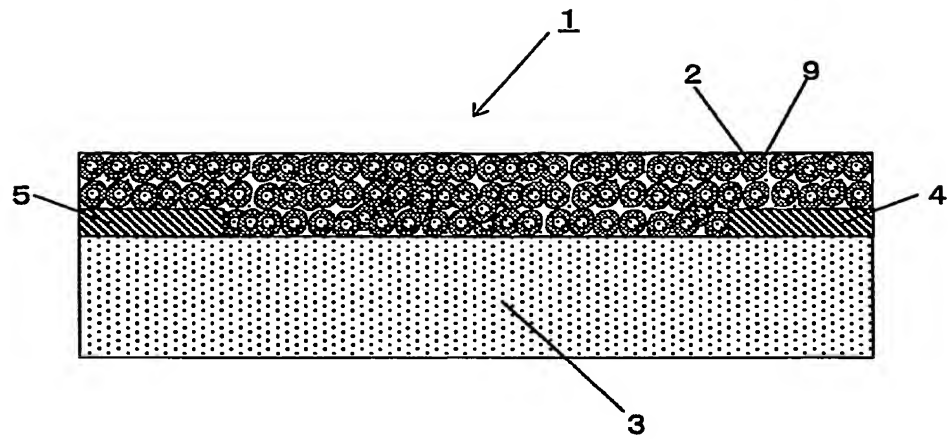
【図 3】



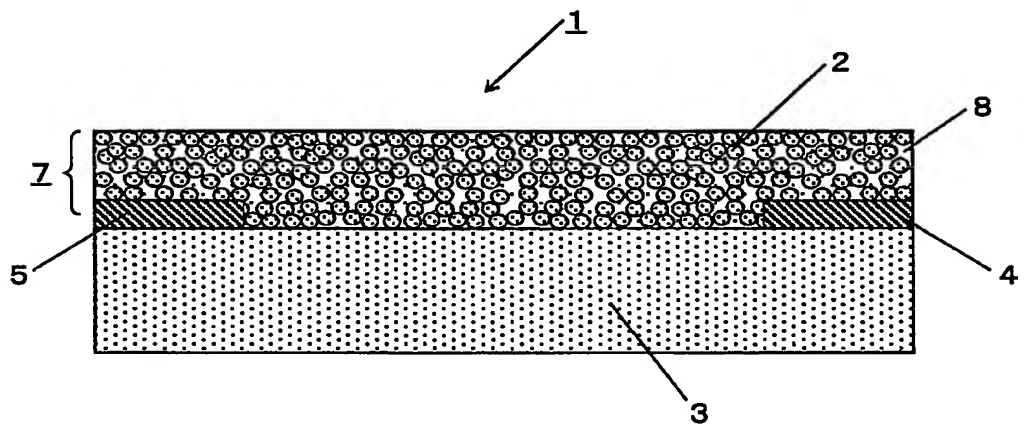
【図 4】



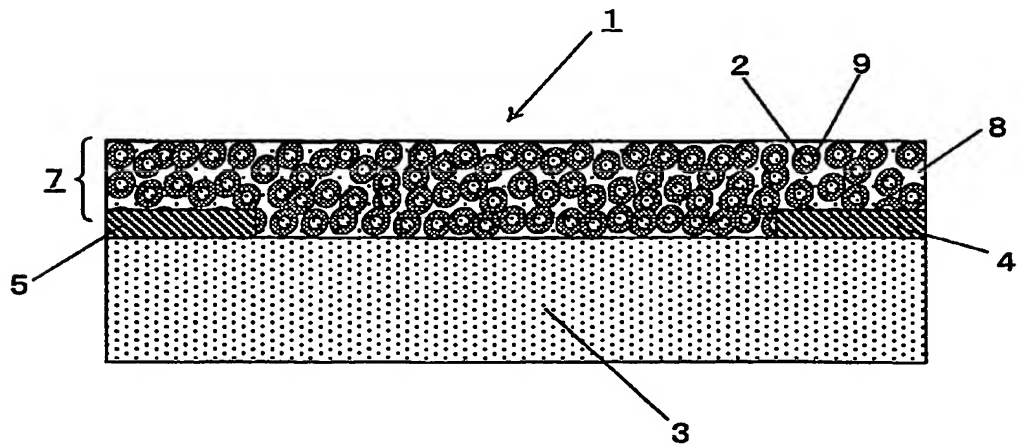
【図 5】



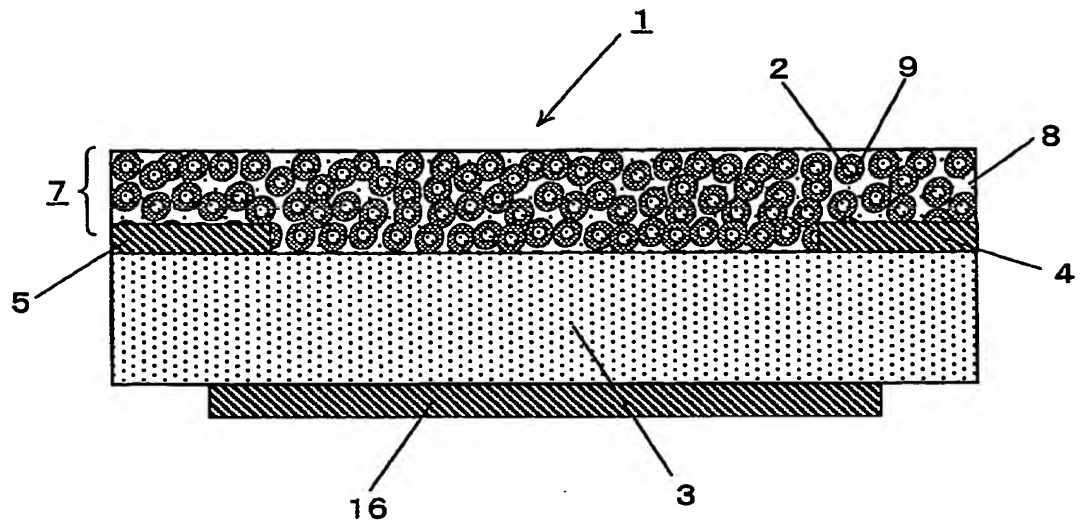
【図 6】



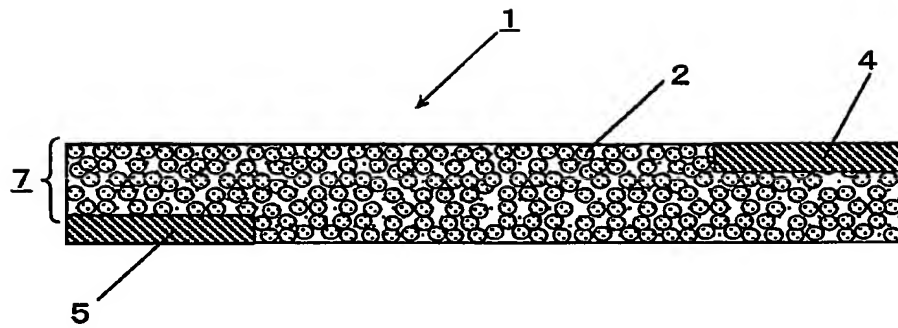
【図 7】



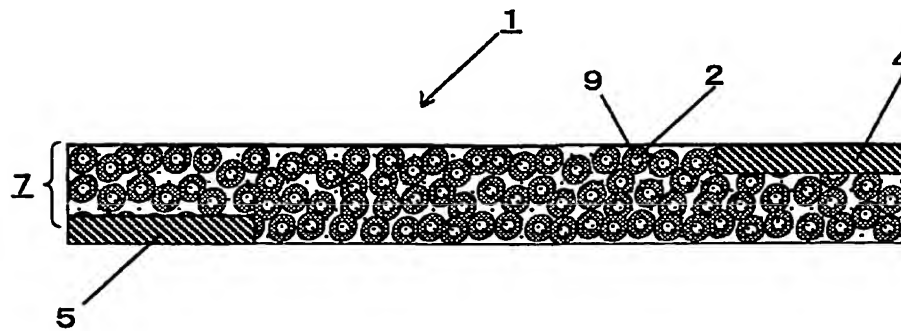
【図 8】



【図 9】

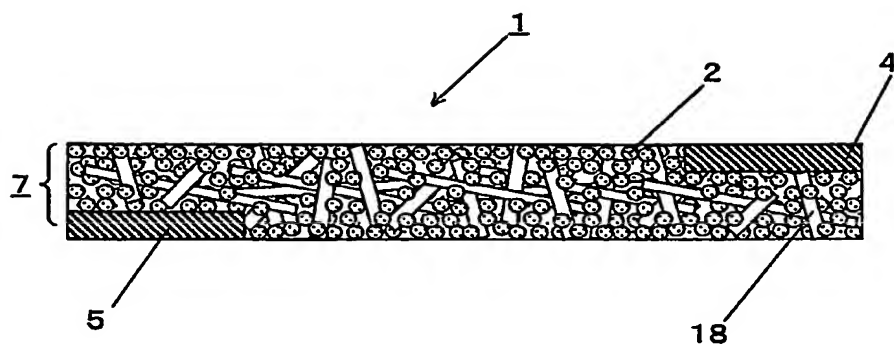


【図 10】

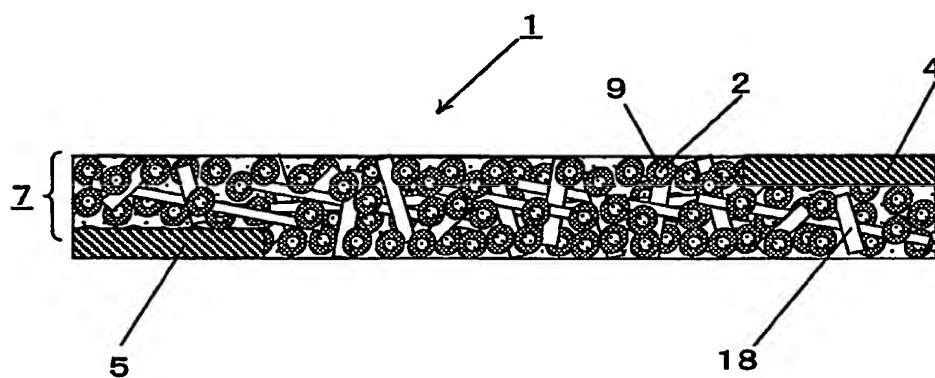




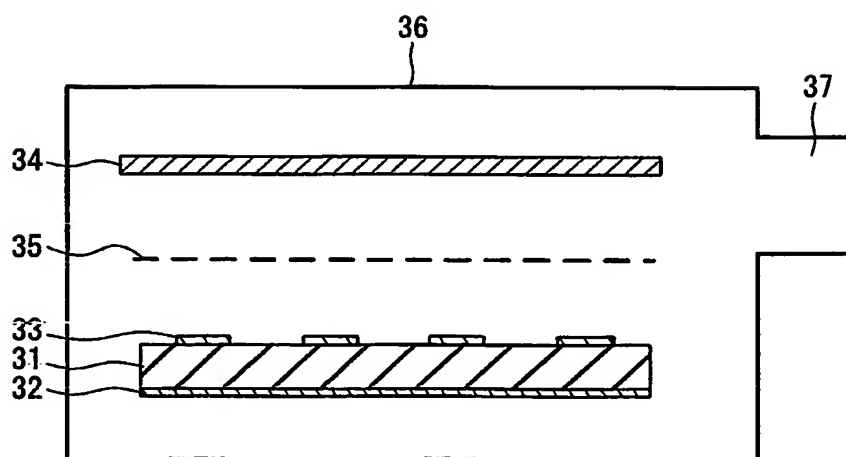
【図 1 1】



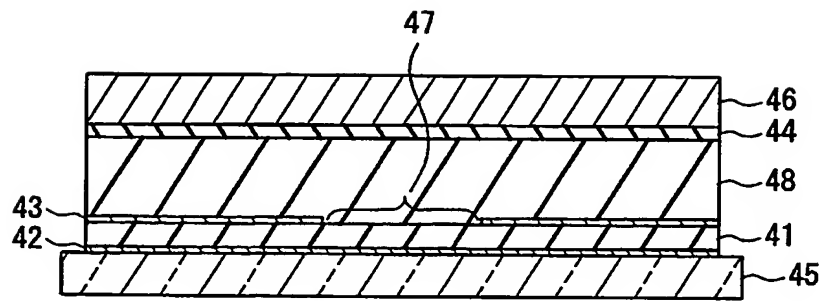
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 14】



## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 薄膜形成のプロセス、真空容器又はキャリア増倍層を必要としない構造で製造が容易であり、発光効率が良好で大画面ディスプレイを作製したときの消費電力が小さい発光素子を提供する。

【解決手段】 異なる誘電率を有する少なくとも2つの絶縁体(3,10)と、少なくとも2つの電極(4,5)及び蛍光体(2)からなる発光素子(1)であって、前記電極(4,5)は前記絶縁体(3,10)の境界近傍に形成され、2つの電極(4,5)に近接して蛍光体(2)を設置して構成される。発光素子の駆動に際して、2つの電極間(4,5)に交流又は直流電界を印加すると電極間(4,5)で沿面放電が発生し、電子や紫外光が放出される。これらの電子や紫外光が蛍光体や多孔質発光体の発光中心を励起することにより発光させる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 0 2 7 2 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社